

오일 펜스 Anchor의 파주력

장 덕 종*
여수대학교 실습선

The Holding Power of the Oil Boom Anchor

Duk Jong CHANG*
Training Ship, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea

An oil boom was set up in order to contain diffused oil from spills and for the retrenchment of damage caused by oil pollution. Therefore, the oil boom anchor needed proper holding power to endure high resistance from flowing streams and to secure the oil boom around the spill, and must dredge directly into the seabed when it is dropped and block oil outflow immediately. This study investigated the holding power of the danforth anchor and the coastal fishing vessel anchor used for oil booms in the KMPRC (Korea Marine Pollution Response Corporation). For each type, a 30 kg and 20 kg anchor were used. The holding power of the danforth anchors were measured by dropping both weights 10 times. However, the coastal fishing vessel anchors were dropped only 5 times each, because no substantial differences were found between drops. In the results of the danforth anchors, an anchor awoke occurred in 2 drops of the 30 kg anchor and in 4 drops of the 20 kg anchor, wherein there was no holding power to be measured. With exception to the anchor awoke cases, the maximum holding power of the danforth 30 kg and 20 kg anchors, was 250-520 kg and 123-233 kg, respectively. In the case of the coastal fishing vessel anchors of 30 kg and 20 kg, throughout the experiment, there was no occurrence of an anchor awoke. For the 30 kg and 20 kg anchors, the maximum holding power was measured to be 209-230 kg and 155-170 kg, respectively. Therefore, the holding power of the coastal fishing vessel anchor was shown to be much poorer than that of the danforth anchor. However, the holding power of the danforth anchor was very unstable. Due to the occurrences of anchor awoke, there was no holding power and the measurement value of maximum holding power showed too much variation among the drop tests. Also, after the maximum holding power was achieved, anchor awoke occurred easily. In the case of the coastal fishing vessel anchor was much more stable, because there was no anchor awoke and no instance where holding power failed. Also, the maximum holding power was reached quickly and almost no variation occurred among the drop tests.

Key words: Oil spills, Oil boom anchor, Holding power, Anchor awoke, Danforth anchor

서 론

해상에서 기름 유출에 의한 오염 사고 발생시 방제 작업의 초동 조치로 사고 해역에 오일 펜스 (Oil boom)를 설치하는 것은 유출된 기름이 해류나 조류, 바람을 타고 주변 해역이나 해안선 및 조간대, 양식장을 포함한 환경 민감지역으로 확산 되는 것을 초기에 저지하여 유류 오염에 의한 피해를 최소화 하고 유출된 기름을 밀집시킴으로써 유출을 두껍게 하여 기름의 회수 작업을 용이하게 하기 위함이다 (ITOPF, 1983; IMO, 1980). 그런데, 사고 해역에서 오일 펜스가 이와 같은 역할을 충분히 발휘하기 위해서는 사고시 유출된 기름의 확산된 범위나 유출량, 해상 상태 및 기상 조건, 향후 확산될 예정 방향 등을 고려하여 설치될 때 가능하다고 할 수 있는데, 유출된 기름을 충분히 차단할 수 있는 크기의 규모로 설치되어야 하고, 설치 후에도 적절한 형상을 계속적으로 유지하는 것이 가장 중요하다 (CONCAWE, 1981; KMPRC, 2000).

보통, 해상에서 오일 펜스가 유류의 확산을 차단하는 형상

이 유지되는 것은 오일 펜스의 중간 중간에 다수의 anchor를 연결하여 수중에 투하함으로써 닻이 해저에 꽂혀 파주력을 발휘하기 때문이다. 그러나, 해상에 설치된 오일 펜스는 수중 침하부와 공기중 노출부가 조류나 해류 및 바람 등의 영향을 직접적으로 받기 때문에 끊임없이 유수 저항을 수반하며 (ITOPF, 1981), 조석차가 커서 유속이 증가하거나 기상 악화 등 해상 조건이 불량할 때는 가해지는 저항이 더욱 증대되기 때문에 설치한 오일 펜스가 기름을 차단하는데 적합한 형상을 유지하기가 곤란한 경우가 종종 발생하고 있다 (CONCAWE, 1983; KMPA, 1999). 즉, 오일 펜스의 규모는 유류의 확산 범위에 따라 차이는 있지만 대부분은 쉽게 취급하기 어려운 상당한 크기로 설치되고, 해상에서 기름 유출 사고는 높은 파고나 거센 바람 등 악천 후 속에서 발생하는 경우가 대부분이기 때문에 오일 펜스의 형상을 유지시켜 주는 anchor가 제대로 기능을 발휘하지 못할 경우 오일 펜스가 순식간에 떠밀리게 되어 기름의 확산을 초래하기도 한다. 또한, 떠밀린 오일 펜스를 다시 수거하여 설치하는 것도 쉽지 않아 방제 작업의 초동 조치가 실패로 이어져 피해가 확대되는 경우도 있다

*Corresponding author: jdj@yosu.ac.kr

(KME, 1987).

그러므로 오일 펜스용 닻은 막대한 유수 저항을 견디면서 사고 지점에 오일 펜스를 고정시켜 주는 적절한 파주력 (holding power)이 요구될 뿐만 아니라 수중에 투하하는 순간 실패없이 곧바로 해저에 꽂히는 구조여야 할 것이다. 지금까지 닻에 대한 연구는 일반 선박용 닻에 대한 파주력 조사가 대부분이고, 정치망 및 양식장 등에서 시설물을 수중에 고정하기 위한 어업용 닻에 관해 연구가 일부 수행되어 왔는데, 대표적으로 Urawa (1984)의 선박용 닻의 최대 파주력 계수에 대한 연구와 닻의 파주계수와 안전파주계수에 관한 Park (1995)의 연구, 정치망 명을 개량하고자 콘크리트 명으로 모형 실험을 실시한 Kang (1996)의 연구, 정치망 고정용 닻의 파주력을 모형 실험으로 연구한 Yun et al. (2001) 등을 들 수 있으며 오일 펜스용 닻에 대한 연구 조사는 찾을 수 없는 실정이다. 본 연구는 위와 같이 오일 펜스 설치시 사용되는 닻의 중요성

을 감안하여 현재, 오일 펜스 설치용으로 한국해양오염방제조 합에 보급되어 있는 Danforth anchor와 해양 오염 사고시 현장에서 주로 사용되고 있는 국내 어선용 닻에 대해 투묘시 해저에 꽂히는 실태와 파주력을 비교·분석하였다.

재료 및 방법

오염 사고 현장에서 오일 펜스를 설치할 때 사용하는 다수의 닻은 인력에 의존하여 수중에 투하하기 때문에 닻의 규모는 한계가 있고, 실제로 대부분 중량이 30 kg 이하인 닻을 사용하고 있으므로 본 실험에서도 국내에서 오일 펜스용으로 보급되어 있는 Danforth anchor 30 kg급과 20 kg급 및 오염 사고 현장에서 많이 사용되고 있는 연안 어선용 닻 30 kg급과 20 kg급을 준비하였다 (Fig. 1). Table 1은 실험에 사용한 각각의 닻과 부속구의 주요 규격으로 닻줄의 길이는 모두 조사해역 수심의 3배가 되도록 하였으며, 투묘 후 닻줄로 사용하는

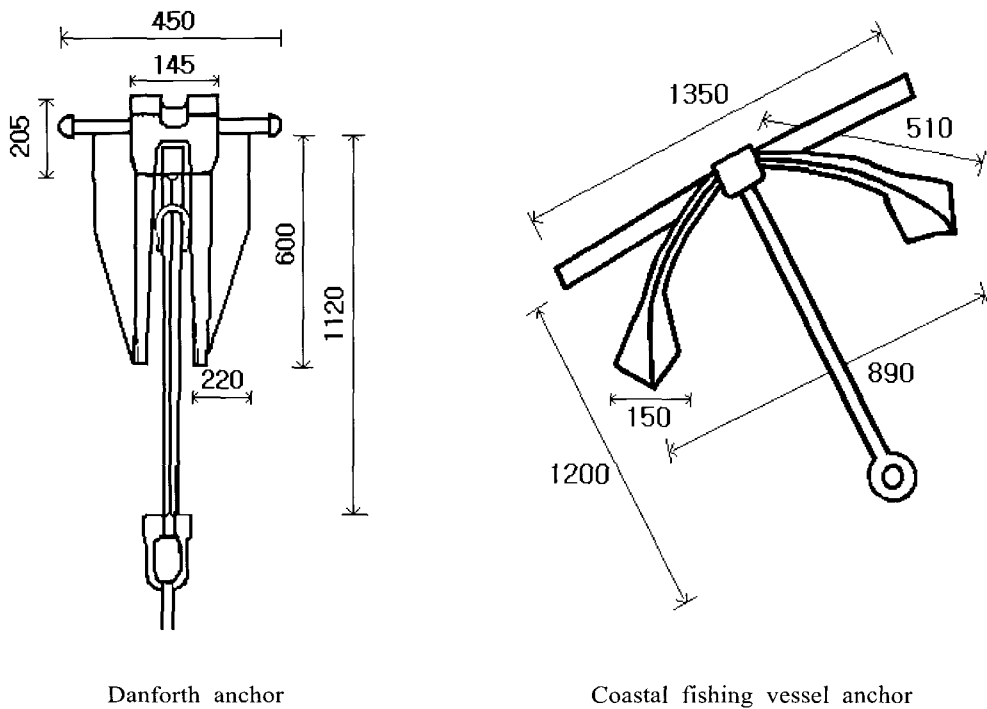


Fig. 1. Experimental anchors (unit, cm).

Table 1. Dimensions of experimental anchor

Anchor	W (kg)	Anchor rope M, D (mm), L (m)	Anchor chain L (m), W (kg)	Shackle & Swivel (kg)
Danforth	33.6	PP \varnothing 20, 30	2, 7	2.4
	21.6	PP \varnothing 20, 30	2, 7	2.4
Fishing vessel	33.4	PP \varnothing 20, 30	2, 7	2.4
	20.5	PP \varnothing 20, 30	2, 7	2.4

M, material; D, diameter; L, length; W, weight (in air)

PP (poly propylene) rope가 직선적으로 부상하는 것을 감소시켜 닻이 쉽게 기묘 (anchor awoke)되는 것을 방지하기 위해 길이가 2 m인 체인 (steel, 7 kg)을 anchor shank (닻 장)에 연결하여 기름 유출 사고시 해양오염방제조합에서 오일 펜스를 설치할 때와 동일한 조건이 되도록 하였다.

실험은 해양오염방제조합 여수 지부 소속선인 환경 2호 (22 ton, 315 Hp)을 이용하여, 2003년 4월 23일 전남 여수항 항계내 묘박지 중 평균 수심이 약 10.5 m인 Fig. 2의 (+) 지점 (34°45' 162N, 127°45' 602E)을 투묘 기준점으로 두고 실시하였으며, 조사를 수행하는 동안 실험 해역의 주요 해황은 Table 2와 같다.

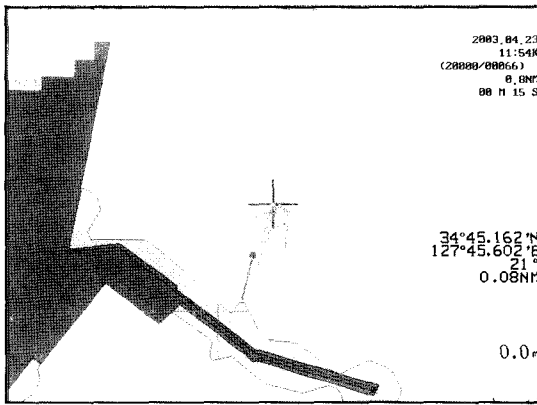


Fig. 2. The place for experiment, anchorage in yosu port (+, anchor dropping point).

각 닻의 파주력 측정은 조사 선박의 선미 비트에 인장식 Load cell (KAS, 0.01-700 kg)을 고정하고 여기에 닻줄 끝을 묶어 닻과 닻줄 30m을 투하한 후 선박이 조류와 풍압에 충분히 떠밀려 닻줄이 일정하게 긴장되었을 때를 anchor fluke (닻 손)가 저질에 꽂히는 시점으로 설정하고, 이때부터 선체를 풍하 방향으로 유지한 채 조사 선박의 기관 RPM (revolution per minutes)을 미세하게 조종하여 약 5분 동안 선박을 1.5 kt의 속력까지 진행시킴으로써 닻의 최대 파주력을 구하였다. 이때, 선박이 진행할 때 닻이 끌리는 항적 및 선박의 속도 등은 DGPS (differential global positioning system) Plotter (DSF3000LA, Samyoung)를 이용하여 RS-232를 통해 Computer에 자동으로 저장되게 하였다.

각 닻의 파주력 값은 닻이 투하되는 순간부터 최대 수치를 보인 후 지시 값이 현저하게 낮아지는 경우까지 Load cell의 지시기에 나타나는 장력 값을 30초 간격으로 측정하여 최대 파주력 값과 파주력 상실값을 구하였으며 닻의 종류에 따른 파주력의 변화 추이를 파악하고자 동일한 실험 방법으로

Danforth anchor는 10회, 실험 수치 값의 변화 폭이 좁았던 어선용 닻은 5회 반복하여 수행하였다.

결과 및 고찰

Fig. 3의 (A)와 (B)는 Danforth anchor 30 kg급과 20 kg급에 대한 투묘 후 경과 시간에 따른 파주력의 변화 추이를 보여주는데, 각각 10회씩의 측정 결과를 나타낸 것으로 30 kg급에서는 투묘 시 닻이 저질에 꽂히지 못하고 닻 자체의 중량만 측정된 된 경우는 2회였으며, 이를 제외한 8회의 측정치만 비교했을 때 매 실험시 최대 장력값은 250-520 kg 사이였고 가장 높은 값은 3회에 걸쳐 520 kg으로 나타났다. 또한 20 kg급에서는 투묘 시 닻이 저질에 꽂히지 못한 경우는 4회였으며, 이를 제외한 6회의 측정치에서 최대 장력값은 123-233 kg사이였고 가장 높은 장력 값은 233 kg이었다.

Fig. 4의 (A)와 (B)는 연안 어선용 닻 30 kg급과 20 kg급에 대한 투묘 후 경과 시간에 따른 파주력의 변화 추이를 보여주는데, Danforth anchor와는 다르게 측정값이 안정적이어서 각각 5회씩만 실시한 것으로, 투묘 시 닻이 저질에 꽂히지 못한 경우는 한번도 없었으며, 투묘 후 5분 동안의 선박 진행에 따른 최대 장력 값은 30 kg급에서 209-230 kg이었고, 20 kg급에서 155-170 kg 사이였다.

이와 같이 Danforth anchor는 투묘가 이상적으로 되었을 경우 연안 어선용 닻 보다 높은 파주력을 보이며, 특히 30 kg급에서 그 차이가 두드러지게 나타나는 것을 볼 수 있는데, 투묘시 Danforth anchor가 처음부터 저질에 꽂히지 못한 경우를 제외한 최대 장력값을 각 닻별로 비교해 보면, Danforth anchor는 연안 어선용 닻 보다 30 kg급에서는 41-290 kg, 20 kg급에서는 약 63 kg 정도 높게 나타나 닻의 중량만을 동일한 조건으로 하여 단순 비교했을 경우, Danforth anchor가 어선용 닻에 비해 파주력이 훨씬 높음을 보여준다. 그러나 Danforth anchor의 경우 투묘가 이상적으로 되었을 경우 높은 파주력을 보이지만 30 kg과 20 kg급 닻을 각각 10번 투묘한 것 중 닻이 저질에 꽂히지 못한 경우가 2회와 4회나 되고, 이들을 제외한 매 실험시 최대 장력값의 범위도 최고 270 kg과 110 kg씩이나 차이를 보이고 있으며, 최대 값을 보인 후 곧바로 기묘되는 경우가 빈번하게 나타나 닻의 파주력이 안정적이지 못하다는 것을 알 수 있다.

이에 대해 연안 어선용 닻은 30 kg과 20 kg급에서 매 실험시 최대 장력 값의 범위가 최고 21 kg과 15 kg 정도만 차이를 보이고 투묘 시 닻이 저질에 꽂히지 못한 경우가 없었을 뿐만 아니라 투하 후 파주력을 갖기 시작하는 시간이 danforth anchor보다 짧고, 최대 장력 값 이후 시간이 경과하여도 큰 변화가 없는 것을 볼 수 있다. 이것은 닻을 투하함과 동시에

Table 2. Sea condition of the experimental place

Depth (m)	Wave height (m)	Wind direction	Wind speed (m/sec)	Current speed (knot)	Sea bottom
10.5	0.5-1	NE	8	0.5	Mud

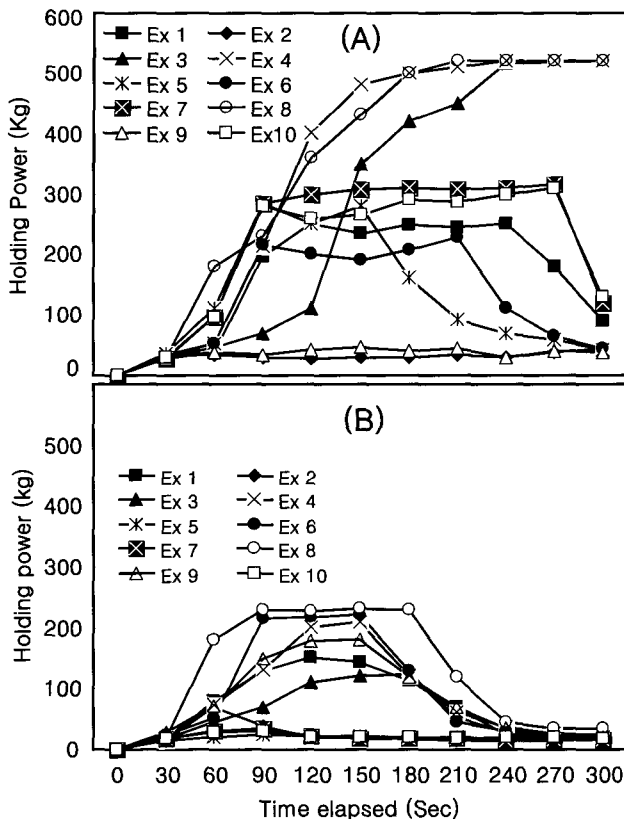


Fig. 3. Holding power of the danforth anchor. (A), Anchor weight 30 kg; (B), Anchor weight 20 kg.

곧바로 anchor fluck가 저질에 꽂히게 되고 이후 선박이 진행함에도 쉽게 기묘되지 않는다는 것을 의미하기 때문에 어선용 닻의 파주력이 매우 안정적이라는 것을 추측할 수 있다.

Fig. 5는 각 투묘 실험에서 측정된 파주력 값에서 최소 및 최대 파주력의 평균 값과, 투묘시 시간 경과에 따라 변화하는 파주력의 평균 값을 구하여 각 투묘 실험에서 측정된 파주력 값의 표준 편차 (standard deviation: SD)를 anchor의 종류와 중량별로 나타낸 것이다. 이것에서 보면, Danforth anchor는 30 kg급과 20 kg급에서 최대 파주력의 평균값이 약 303 kg과 128 kg이고, 최소 파주력의 평균값은 약 30 kg과 18 kg이며, 평균 파주력 값은 204 kg과 64 kg으로 나타난다. 또한, 연안 어선용 닻은 30 kg급과 20 kg급에서 최대 파주력의 평균값이 약 218 kg과 163 kg이고, 최소 파주력의 평균값은 약 36 kg과 37 kg이며, 평균 파주력 값은 184 kg과 119 kg을 보이고 있다.

각 anchor별로 최대 파주력의 평균값과 평균 파주력 값을 비교해 보면, 30 kg급에서 연안 어선용 닻은 Danforth anchor의 파주력 값 보다 약 85 kg과 20 kg 정도 낮게 나타나 Danforth anchor의 약 72%와 90%에 머물고, 최소 파주력의 평균값은 거의 차이가 없음을 볼 수 있다. 그러나 20 kg급에서는 그 반대로 Danforth anchor의 파주력 값이 연안 어선용 닻 보다 약 35 kg과 55 kg 정도가 낮게 나타나 연안 어선용 닻의 약

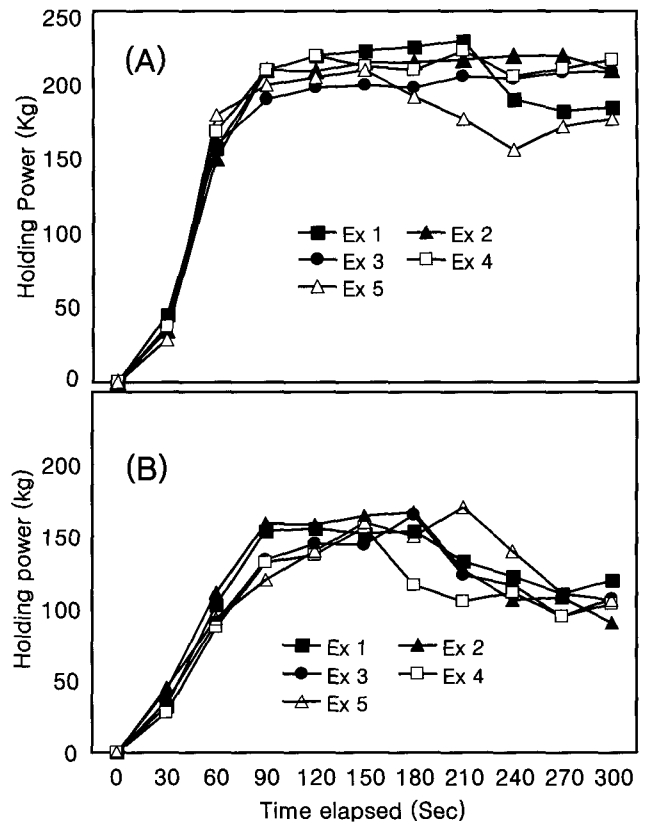


Fig. 4. Holding power of the coastal fishing vessel anchor. (A), Anchor weight 30 kg; (B), Anchor weight 20 kg.

78%와 54% 수준에 머물고 최소 파주력의 평균값도 연안 어선용 닻이 약 19 kg이나 높게 나타나 연안 어선용 닻의 파주력이 오히려 높은 것을 알 수 있다.

한편, 각 anchor별로 중량에 따른 최대 파주력의 평균값과 평균 파주력 값의 차이를 비교해 보면, 연안 어선용 닻의 경우, 20 kg anchor의 파주력 값은 30 kg anchor의 값 보다 약 55 kg과 65 kg이 작아 30 kg anchor의 75%와 65% 수준에 달하지만, Danforth anchor의 경우, 20 kg anchor는 30 kg anchor의 파주력 값 보다 약 175 kg과 140 kg이 작아 30 kg anchor의 42%와 31% 값에 머물러 큰 차이를 보인다. 또한, 최소 파주력의 평균값도 연안 어선용 닻에서는 닻의 중량이 차이가 남에도 불구하고 거의 차이가 없지만, Danforth anchor에서는 20 kg anchor의 파주력 값이 30 kg anchor 값 보다 약 12 kg이 작아 30 kg anchor의 약 60% 수준임을 알 수 있다.

또한, 연안 어선용 닻의 경우, 20 kg급과 30 kg급 anchor의 평균 파주력 값은 최대 파주력 값의 약 73%와 84%에 달하지만, Danforth anchor의 경우는 20 kg급과 30 kg급 anchor의 평균 파주력 값이 최대 파주력 값의 약 50%와 76% 수준을 보이고 있다.

이와 같이 각 anchor의 파주력 평균 값이 30 kg급에서는 Danforth anchor에서 높고 20 kg급에서는 연안 어선용 닻에서

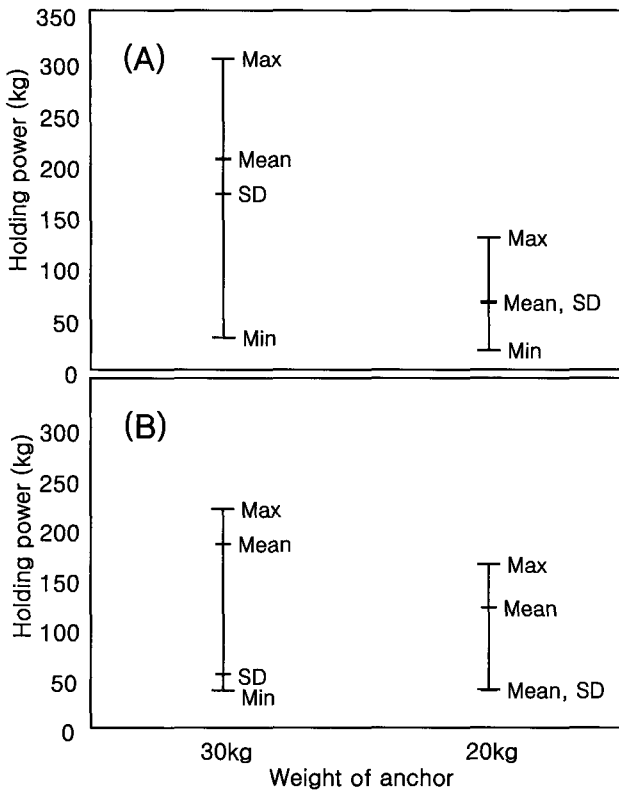


Fig. 5. The value of mean, maximum, minimum and SD of holding power according to weight of anchor. (A), Danforth anchor; (B), Coastal fishing vessel anchor.

높게 나타나 anchor의 종류와 중량에 따라 차이가 나는 것을 확인 할 수 있으며, 연안 어선용 닻에 비해 Danforth anchor에서 측정된 anchor의 중량별 파주력 평균 값은 그 차이가 매우 크게 나타나 같은 형태의 anchor에서도 중량에 따라 파주력의 평균 값이 차이가 나는 것을 알 수 있다. 즉, Danforth anchor의 경우, anchor의 중량에 따라 평균 파주력 값과 최대 파주력 값이 큰 차이가 나지만 연안 어선용 닻의 경우 평균 파주력 값이 최대 파주력 값에 가까워 큰 차이가 없고, SD값도 Danforth anchor에서는 20 kg급 및 30 kg급 anchor 모두 평균 파주력 값에 근접할 정도로 매우 크지만 연안 어선용 닻에서는 모두 최소 파주력의 평균값에 가까울 정도로 작아 매 실험 시 측정된 anchor의 파주력 값이 Danforth anchor에 비해 훨씬 안정적임을 알 수 있다.

일반적으로 닻은 stock (닻 체)를 부착한 것과 부착하지 않은 형태로 구분되는데, 현재 한국해양오염방제조합에 오일 펜스 용으로 보급되어 있는 Danforth anchor는 원래 서구에서 중소형 선박에 사용할 목적으로 개발된 것으로, 이전까지 선박에서 사용하던 stock anchor의 경우 취급 및 격납이 어렵고 파주력을 높이고자 규모를 증대시킨다면 이를 운용하는데 별도의 장비가 필요하기 때문에 투·양묘시 stock anchor를 선박의 투·양묘 설비인 호스 파이프에 곧바로 격납시킬 수 있는 방안

으로 고안된 것이다. Danforth anchor의 구조를 보면 (Fig. 1), 부착된 stock는 투묘시 해저에 꽂히는 anchor fluke에 영향을 미치지 못하는 구조로 되어 있고 단지, fluke와 crown (닻 머리)을 shank에 연결하는 핀 (pin)의 역할만 하게 됨으로 기능 면에서는 stockless anchor에 속한다고 할 수 있다. 또한, fluke 작용은 stockless anchor의 그것과 같지만 shank에 대하여 앞뒤로 경사시킬 수 있는 각도는 각각 30°이며, fluke 형상은 끝 부분에서 윗쪽으로 점점 넓어져 해저에 깊이 꽂힐수록 파주력이 증가될 것이라는 것을 추측할 수 있다.

또한, 연안 어선용 닻은 (Fig. 1) 보통의 stock anchor의 경우 stock가 shank의 중·상단에 부착되어 있는데 반해, stock의 위치를 shank가 아닌 crown쪽에 부착한 것으로 stock anchor의 장점은 유지하면서 선박에서 투·양묘 작업을 좀 더 쉽게 하고자 고안된 것이다. 이로 인해 stock가 arm과 직각을 이루기 때문에 투묘시 닻이 해저에 닿으면 fluke보다 길이가 긴 stock가 먼저 해저에 놓게 됨으로 직각을 이루고 있는 fluke가 해저에 깊숙히 박히게 된다.

본 연구에서 중량 30 kg급과 20 kg급의 Danforth anchor와 어선용 닻을 이용하여 파주력을 측정했을 때 최대 파주력 값은 30 kg급에서는 어선용 닻의 경우 230 kg으로 Danforth anchor 520 kg의 약 44%에 지나지 않았고, 20 kg급에서는 어선용 닻의 최대 파주력이 170 kg으로 Danforth anchor 233 kg의 약 73%에 머물러 큰 차이를 보였다. 이와 같은 결과는 전체적인 닻의 중량은 같지만 해저에 박히는 anchor fluke의 용적이 차이가 나는데서 가장 큰 원인을 찾을 수 있기 때문에 실제 현장에서 오일 펜스를 설치할 때 닻의 중량만을 비교하여 Danforth anchor와 어선용 닻을 동일한 파주력으로 사용하는 것은 곤란하다는 것을 알 수 있다.

한편, 오일 펜스용 닻은 해상에서 오일 펜스의 형상을 유지시켜 주는 파주력도 중요하지만 오일 펜스를 설치할 때는 그 작업이 최대한 신속하게 이루어져야 하기 때문에 투묘와 동시에 anchor fluke가 해저에 곧바로 꽂혀 파주력을 발휘하여야 하고, 조류나 바람 등의 원인으로 오일 펜스의 유수 저항이 급증하여 닻이 끌릴 때에도 anchor fluke가 해저에 꽂힌 상태를 유지하면서 끌려오는 구조가 되어 파주력을 쉽게 상실하지 않는 것도 매우 중요한 사항이다.

이러한 측면에서 anchor fluke가 투묘 직후부터 양묘까지 해저에 꽂히지 못한 경우는 Danforth anchor에서만 나타났으며, fluke가 저질에 꽂히면서 닻줄이 긴장되는 초기 파주력은 Danforth anchor에서는 대부분 투묘 후 약 60초 이상이 경과한 이후에 발생되었고 (Fig. 3), 어선용 닻에서는 투묘 후 약 30초 정도의 시간에서 발생되었다 (Fig. 4). 또한, 초기 파주력을 확인한 후 닻의 최대 파주력을 파악하기 위해 선박을 진행시켰을 경우, Danforth anchor는 10회의 실험 중 anchor fluke가 해저에 제대로 꽂혀 최대 파주력이 500 kg 이상 계측된 3회를 제외하고는 대부분 최대 파주력을 보인 후 곧바로 기묘되었으며, 어선용 닻은 최대 파주력을 보인 이후에 선박이 진행하여

도 파주력의 변화가 거의 없었다.

이와 같은 결과는 어선용 닻의 경우, 20 kg 및 30 kg급 모두 투묘시 곧바로 anchor fluke가 저질에 꽂히면서 파주력을 갖게 되고, 최대 파주력 이후 닻이 끌리면서도 파주력이 안정적으로 나타나 쉽게 기묘되기 어렵다는 것을 의미하며, 매 실험시 측정된 최대 파주력 값도 Fig. 4처럼 변화의 폭이 좁게 나타나 투묘시 닻의 형상이 매우 안정적이라고 할 수 있다.

이에 반해 Danforth anchor의 경우, 20 kg 및 30 kg급 모두 투묘시 닻이 저질에 꽂히지 못하여 파주력을 발휘하지 못한 경우도 있을 뿐만 아니라 최대 파주력 값도 매번 큰 차이를 보이고 (Fig.3), SD값도 연안 어선용 닻에 비해 매우 크기 때문에 (Fig. 5) 투묘시 닻의 파주력이 매우 불안정하다고 할 수 있으며, 투묘 후 초기 파주력 발생에 일정 시간이 소요되거나 최대 파주력을 보인 후 곧바로 기묘되는 특성 등에서 오일 펜스용으로 사용하기에는 부적절하다는 것을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- CONCAWE (Conservation of Clean Air and Water in Europe). 1981. A field guide to coastal oil spill control and clean-up techniques. CONCAWE, The Hague, Netherlands, Report No., 9(81), 110-112.
- CONCAWE (Conservation of Clean Air and Water in Europe). 1983. A field guide to inland oil spill clean-up techniques. CONCAWE, The Hague, Netherlands, Report No., 10(83), 104-105.
- Fingas, M.F., W.S. Duval and G.B. Stevenson. 1979. The basics of oil spill clean-up. Environmental Protection Service, Environment Canada, pp. 155.
- ITOPF (International Tanker Owners Pollution Federation limited). 1983. Use of skimmers in combating oil pollution. Technical Information Paper No. 5, ITOFF, London, 8-10.
- ITOPF (International Tanker Owners Pollution Federation limited). 1981. Use of boom in combating oil pollution. Technical Information Paper No. 2, ITOFF, London, 8-9.
- IMO (International Maritime Organization). 1980. Manual on oil pollution section IV, Practical information on means of dealing with oil spillages. IMO, London, pp. 143.
- Kang, N.J. 1996. The model experiment of concrete anchor for modification of set net anchor. MS Thesis, Pukyong Nat'l Univ., pp. 46. (in Korean)
- KMPA (Korea Maritime Police Agency). 1999. The guide book to clean up techniques of marine pollution. Kor. Mar. Pol. Age., 28-32. (in Korean)
- KMPRC (Korea Marine Pollution Response Corporation). 2000. Technical manual for protection and clean up of marine pollution. Kor. Mar. Poll. Rep. Corp., 49-55. (in Korean)
- KME (Korea Ministry of Environment). 1987. Manual of practice for protection and clean-up of oil spill at sea and on-shore. Kor. Min. Env., 37-40. (in Korean)
- Park, Y.S. 1995. The resistance of holding power and coefficient of safety for anchor. Korea Marine Univ. Research Paper, 11, 139-154.
- Yun, I.B., J.H. Lee, B.K. Kwon and J.W. Shin. 2001. The model experiment on holding power of the anchors used in the set net. Kor. Soc. Fish. Tech., 37(2), 95-104. (in Korean)
- Urawa, M. 1984. The coefficient of maximum holding power to anchor. Jap. Inst. Nav., 70, 37-45. (in Japanese)

2003년 10월 25일 접수
2003년 12월 20일 수리